

UNIVERSIDAD DE LOS LLANOS
MAESTRÍA SISTEMAS SOSTENIBLES DE SALUD PRODUCCIÓN
ANIMAL TROPICAL

**EFFECTO DE LA ADMINISTRACIÓN DE UN ANÁLOGO DE
PROGESTERONA SOBRE LOS PARÁMETROS
REPRODUCTIVOS EN CERDAS DE REEMPLAZO DE UNA
EXPLOTACIÓN COMERCIAL**

ANDRÉS ARIAS ANDRADE

**Villavicencio, Meta - Colombia
Abril de 2019**

EFFECTO DE LA ADMINISTRACIÓN DE UN ANÁLOGO DE PROGESTERONA SOBRE LOS PARÁMETROS REPRODUCTIVOS EN CERDAS DE REEMPLAZO DE UNA EXPLOTACIÓN COMERCIAL

ANDRÉS ARIAS ANDRADE

Tesis presentada como requisito parcial
para la obtención del título de Magister
en Sistemas Sostenibles de Salud
Producción Animal Tropical

**Orientadores: Prof. AGUSTÍN GÓNGORA ORJUELA, MV., MSc., Dr.Sci.
Prof. JORGE LUIS PARRA ARANGO, MV., MSc.**

**Villavicencio, Meta - Colombia
2019**

EFFECTO DE LA ADMINISTRACIÓN DE UN ANÁLOGO DE PROGESTERONA SOBRE LOS PARÁMETROS REPRODUCTIVOS EN CERDAS DE REEMPLAZO DE UNA EXPLOTACIÓN COMERCIAL

ANDRÉS ARIAS ANDRADE

Tesis presentada como requisito
parcial para la obtención del título de
Magister en Sistemas Sostenibles de
Salud Producción Animal Tropical

Aprobada en día/mes/año

Comisión examinadora:

Prof. Nombre (título) – Institución a la que pertenece

Prof. Nombre (título) – Institución a la que pertenece

Prof. Agustín Góngora Orjuela (MV, MSc, Dr.Sci) – Universidad de los Llanos
Orientador

Prof. Jorge Luis Parra Arango (MV, MSc) – Universidad de los Llanos
Orientador

DEDICATORIA

Mi deseo y muestra de agradecimiento es dedicar este trabajo de grado a mis padres, Cesar y Aidee, quienes con su amor, esfuerzo y dedicación, lograron concederme el privilegio de estudiar la carrera que elegí para mi vida.

Ellos, que permanentemente me apoyaron en mis decisiones y sacrificios para lograr cumplir mis sueños, y quienes me han inculcado el deseo de superación y búsqueda de la excelencia en cada paso que doy. Para ellos el más sincero agradecimiento y admiración por formar y educar al hombre que soy hoy en día.

AGRADECIMIENTOS

Inicialmente, quiero agradecerle a Dios por ser mi guía y darme la sabiduría, la confianza y la fe necesarias a lo largo de este camino, para poder alcanzar mis logros académicos.

A Agropecuaria Aliar S.A. – La Fazenda, y a su equipo técnico, por permitirme desarrollar este proyecto de investigación en una de sus granjas de cría. A Jorge Triana del área de porcicultura por orientarme, asesorarme y brindarme todas las herramientas necesarias para el logro del mismo.

De igual manera, agradezco a mis Orientadores por compartirme sus conocimientos, por toda su colaboración, paciencia y acompañamiento en la realización de este proyecto.

A los docentes que me acompañaron, por sus enseñanzas en las diferentes competencias y por compartir conmigo su experiencia personal, académica y profesional.

RESUMEN

Introducción: Los sistemas empresariales de producción porcina requieren una tasa de reposición anual entre 40 y 50%, bajo esta exigencia, las cerdas nulíparas presentan una alta variabilidad del ciclo estral, lo que dificulta la programación de servicios, por lo cual es necesario sincronizar la ovulación. Con este propósito se han empleado diversos fármacos de origen natural y/o sintético administrados por diferentes vías, incluida la oral, tal es el caso del Altrenogest, un derivado sintético de la progesterona. **Objetivo:** Evaluar el efecto del tiempo de suministro de Altrenogest sobre algunas variables reproductivas **Métodos:** Se utilizaron 172 cerdas nulíparas de la línea C22, con peso entre 150 - 153 Kg. Los animales fueron distribuidos al azar en 4 tratamientos: T0 = Sin altrenogest (testigo, N = 52), T1 = altrenogest / 8 días (N = 52), T2 = altrenogest / 10 días (N = 40), T3 = altrenogest / 12 días (N = 28), en cada uno, las cerdas recibieron una dosis de 20 mg/día y fueron inseminadas a la presentación del celo con semen de verracos de reconocida fertilidad. Se realizó un análisis de varianza y comparación de medias por Tukey, y prueba de Kruskal wallis para muestras independientes. **Resultados:** El indicador nacidos totales fue afectado significativamente por los tratamientos ($P < 0.05$), puesto que su promedio fue superior en el T1 (14) con respecto a T0 (13), T2 (13) y T3 (12) siendo estos tres similares entre sí; las demás variables reproductivas no presentaron diferencias estadísticamente significativas ($P > 0.05$) **Conclusión:** El uso de altrenogest en este estudio adicionado en el alimento durante 8 días consecutivos es una alternativa económica para sincronizar el estro de cerdas nulíparas, resultando en un mayor tamaño de la camada, aunque no se recomienda su uso por más de 10 días ya que se afecta negativamente el número de lechones por parto.

Palabras clave: Altrenogest, hormonas, porcinos, sincronización (Fuentes: DeCS, MeSH, AGROVOC)

ABSTRACT

Introduction: The business systems of swine production require an annual replacement rate between 40 and 50%, under this requirement, nulliparous sows in a high variability of the estrous cycle, which makes it difficult to program services, so it is necessary to synchronize the ovulation. This is the case of Altrenogest, a synthetic derivative of progesterone. **Objective:** To evaluate the effect of the delivery time of Altrenogest on some reproductive variables. **Methods:** 172 nulliparous sows of line C22 were used, weighing between 150 - 153 Kg. The animals were randomly distributed in 4 treatments: T0 = Without altrenogest (control, N = 52), T1 = altrenogest / 8 days (N = 52), T2 = altrenogest / 10 days (N = 40), T3 = altrenogest / 12 days (N = 28), in each one, the sows received a dose of 20 mg / day and were inseminated in the heat presentation with semen of boars of recognized fertility. An analysis of variance and comparison of Tukey media, and Kruskal wallis test for independent samples were performed. **Results:** The weight indicator in T1 (14) with respect to T0 (13), T2 (13) and T3 (12) being these three similar to each other; The other reproductive variables do not differ statistically significant differences ($P > 0.05$) **Conclusion:** The use of altrenogest added to the feed for 8 consecutive days is an economical alternative to synchronize the estrus of nulliparous sows, resulting in a larger chamber size, although its use is not recommended for more than 10 days.

Key-words: Altrenogest, hormones, sows, synchronization (Sources: DeCS, MeSH, AGROVOC)

}

TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN	1
OBJETIVOS.....	3
GENERAL.....	3
ESPECÍFICOS	3
REVISION DE LITERATURA.....	4
Características reproductivas de las hembras de reemplazo	4
Ciclo estral y dinamica folicular de la cerda.....	5
Uso del Alttegogest.....	7
MATERIALES Y MÉTODOS.....	13
Ubicación.....	13
Manejo Productivo	13
Manejo Reproductivo	14
Diseño Experimental.....	14
Análisis estadístico	16
RESULTADOS.....	17
DISCUSIÓN	24
CONCLUSIONES	31
BIBLIOGRAFÍA	32

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Distribución de tratamientos.	15
Tabla 3. Análisis de varianza para edad al primer servicio, peso al primer servicio y duración de la gestación, para los tratamientos en cerdas nulíparas.	18
Tabla 4. Estadígrafos de edad y peso al primer servicio y duración de la gestación, para el grupo control y los tratamientos con altrenogest en cerdas nulíparas.	19
Tabla 5. Pruebas de Kruskal-Wallis para lechones nacidos totales, lechones nacidos vivos, lechones nacidos muertos, lechones nacidos momias y fetos por tiempo de aplicación de cerdas nulíparas.	20
Tabla 6. Prueba pareadas de Mann-Whitney, entre tratamientos para lechones nacidos totales en cerdas nulíparas.	21
Tabla 7. Medianas de nacidos totales, nacidos vivos, muertos y momias para el grupo control y los tratamientos de altrenogest en cerdas nulíparas.	22
Tabla 8. estado reproductivo para el grupo control y los tratamientos con altrenogest en cerdas nulíparas.	23

Introducción

De acuerdo con la Organización de las naciones unidas para la agricultura y alimentación (FAO), la carne de cerdo es la de mayor consumo mundial, esta ventaja comparativa, ha permitido a los sistemas de producción porcina, mejorar cada día en aspectos como nutrición, genética y salud animal, buscando disminuir los costos de producción. Así mismo se implementan nuevas tecnologías reproductivas que permiten una optimización del sistema productivo (Wolfová *et al.*, 2017). Se estima que el consumo de carne de cerdo para el 2018, alcance 112,6 millones de toneladas, estando el 79.9%, de la producción mundial concentrada en China, la Unión Europea y EU (Porcicultura. com, 2019).

La carne de cerdo representa alrededor del 40% de la carne roja que se consume a nivel mundial, siendo parte importante de la dieta de los humanos (Fuentes *et al.*, 2006). Además, el cerdo se ha considerado el mejor modelo animal para investigaciones biomédicas dadas las características fisiológicas parecidas al ser humano (Frantz *et al.*, 2016).

En los últimos 10 años, la producción de carne de cerdo ha aumentado en 21 millones de toneladas métricas, alcanzando actualmente 94 millones. De acuerdo con estimativos de la FAO, la demanda de carne de cerdo se incrementará a 125 millones de toneladas métricas para el año 2020 (Fuentes *et al.*, 2006; Gerrits *et al.*, 2005).

Un óptimo rendimiento reproductivo es esencial para el cumplimiento de los objetivos económicos de las granjas comerciales, por lo tanto, las estrategias de manejo incluyen: correcta alimentación en las diferentes etapas de cría, partos por bandas y esquema de inseminación apropiado entre otros, los cuales no siempre son suficientes, por lo tanto, se dispone del uso de hormonas que permiten la manipulación del ciclo estral, la sincronización del estro y la ovulación, mejorando así el rendimiento reproductivo (de Jong *et al.*, 2013; Degenstein *et al.*, 2008).

Bajo un sistema comercial, es importante reducir los días abiertos en las cerdas, puesto que el costo de cada uno se calcula en \$3.9 USD. El aumento del intervalo destete-servicio aumenta la tasa de descarte, lo cual representa un costo adicional para el productor (de Jong *et al.*, 2013).

Una de las herramientas biotecnológicas de mayor uso en la producción porcina es la inseminación artificial (IA), 24 horas antes de la ovulación (Martinat-Botté *et al.*, 2010), sin embargo uno de los mayores limitantes para su aplicación es la alta variación entre el inicio del estro y la ovulación en cerdas de reemplazo, afectando la obtención de buenas tasas de fertilidad (Martinat *et al.*, 2010).

La detección del estro y las inseminaciones múltiples son actividades dispendiosas en cerdas adultas y de reemplazo, por lo que los productores han venido adoptando nuevas tecnologías reproductivas, como la inseminación a tiempo fijo (IATF), que permite sincronizar el celo y la ovulación con análogos de progesterona como el altrenogest, lo cual facilita los servicios por bandas (Martinat-Botté *et al.*, 2010). El altrenogest es un análogo sintético de la progesterona de uso oral que se administra en cerdas de reemplazo para posponer el estro post destete (de Jong *et al.*, 2013; Van Leeuwen *et al.*, 2011; Van Leeuwen *et al.*, 2010; Santos *et al.*, 2004).

Si bien existen protocolos costosos de IATF con hormonas inyectables, el uso de altrenogest no ha sido suficientemente evaluado, además, la vía de administración oral facilita su uso y reduce los costos (Davis, 2004).

OBJETIVOS

GENERAL

Evaluar el efecto del altrenogest en cerdas nulíparas de la línea genética PIC® sobre los parámetros reproductivos en una explotación comercial bajo condiciones de trópico bajo.

ESPECÍFICOS

- Evaluar el efecto del tratamiento con Altrenogest sobre el tamaño de la camada.
- Evaluar el efecto del Altrenogest sobre la tasa de partos entre tratamientos.
- Evaluar el efecto del Altrenogest sobre las pérdidas gestacionales.

Revisión de Literatura.

Características reproductivas de las cerdas de reemplazo.

La cerda ha sido considerada un animal poliestrico continuo, es decir que presenta varios ciclos estrales a través del año. El ciclo estral tiene una duración en promedio de 21 días, con un rango entre 18 a 24 días, y se divide en cuatro fases: proestro, estro, metaestro y diestro (Fuentes *et al.*, 2006).

Los principales criterios a considerar y que son determinantes para el desempeño reproductivo en las hembras de reemplazo son la edad a la pubertad, edad al primer servicio y el peso corporal (Tummaruk *et al.*, 2001).

Algunos investigadores sugieren, como edad máxima de servicio los 220 días, ya que servicios a edades inferiores disminuyen la longevidad, así mismo, cerdas de reemplazo con ganancias de peso inferiores a 650 g/día al momento del servicio, presentan bajas tasas de preñez y son eliminadas de la piara más temprano por trastornos reproductivos (Roongsitthichai *et al.*, 2013; Tummaruk *et al.*, 2001).

En la mayoría de los casos, entre el 15 y 20% de las cerdas de reemplazo son descartadas en el primer parto, mientras que más del 50% de ellas son retiradas antes de alcanzar su quinto parto (Hu *et al.*, 2016; Roongsitthichai *et al.*, 2013).

Algunos estudios reportan que las cerdas de reemplazo que alcanzan la pubertad en promedio a los 185 días presentan un retorno al estro después del destete, 10 días menos que las cerdas que presentaron su pubertad cerca de los 226 días de edad. De otro lado, existe una estrecha relación entre la raza, la edad a la pubertad y el intervalo destete-servicio, además, se recomienda que antes del primer servicio, deben haber tenido por lo menos dos estros previos (Tummaruk *et al.*, 2001).

Ciclo estral y dinámica folicular en la cerda.

La duración del ciclo estral en la cerda varía entre 15 y 23 días, con períodos de 2.7 días para el proestro, 2.4 días de estro, 1.8 días de post-estro y 14 días para el metaestro y diestro. Las características externas más importantes en el proestro son el enrojecimiento vulvar y las secreciones vaginales, disminución del consumo de alimento y presencia del reflejo de inmovilidad; en el metaestro se forman los cuerpos lúteos y comienza la secreción de progesterona; en el diestro disminuyen los niveles de progesterona y se inicia el reclutamiento folicular (Knox *et al.*, 2017; De Rensis y Kirkwood, 2016; Fuentes *et al.*, 2006)

Las cerdas ovulan entre 15 y 30 ovocitos en un período de celo, la tasa de ovulación y la calidad de los folículos ovulados, dependen del proceso de desarrollo folicular en el período anterior (Soede *et al.*, 2011).

Las cerdas normalmente presentan anestro durante la lactancia y un intervalo destete-estro de 4 a 6 días, las diferentes fases del ciclo estral, están controladas por un sistema de retroalimentación positiva y negativa de las hormonas que se producen y liberan en el hipotálamo y la hipófisis, (Soede *et al.*, 2011), las cuales se ven influenciadas por el estado fisiológico de la cerda, por ambientes externos como el contacto con el verraco, y es regulado desde el mismo hipotálamo, que secreta la hormona liberadora de gonadotropinas (GnRH) en respuesta a los estímulos recibidos a través de los sentidos, que se conecta con el sistema límbico e interactúa con el hipotálamo (Knox *et al.*, 2017).

La pituitaria responde frente al estímulo del hipotálamo (GnRH), secretando gonadotropinas, como la hormona folículo estimulante (FSH), hormona luteinizante (LH), oxitocina y prolactina según el caso; los ovarios por su parte secretan progesterona (P4), 17 alfa estradiol (E2), inhibinas y relaxinas, y el útero prostaglandina (F_{2α}) (Soede *et al.*, 2011).

Los ovarios de la cerda se caracterizan por el crecimiento de una mayor cantidad de folículos, comparado con otras especies. Durante la fase lútea, pueden observarse entre 30 a 90 folículos de 1 a 2 mm, aunque también se

han visto 30 a 50 folículos de 2 a 7 mm; en la fase folicular, el número de folículos pequeños y medianos disminuye drásticamente, dejando un total de aproximadamente 20 folículos, en su mayoría folículos ovulatorios (Knox, 2015; Williams *et al.*, 2010).

Los estudios de dinámica folicular han evidenciado que el folículo primario puede alcanzar un diámetro de ~0.12 mm, con un ovocito completo y una a tres capas de células de la granulosa, mientras que el folículo secundario presenta entre 3 y 20 capas de células de la granulosa, con un diámetro de 0.14 a 0.40 mm, el crecimiento superior a 0.4 mm forma un antro que comienza a depender de las gonadotropinas (Williams *et al.*, 2010).

El tiempo desde que un folículo es reclutado hasta la formación del antro se estima en 83 días, la mayoría de folículos varían en tamaño de 0.4 a 1.5 mm, con capas de células de la teca y 10 a 30 capas de células de la granulosa, el tiempo transcurrido desde la formación del antro hasta que el folículo alcanza 1 mm de tamaño puede tardar 3 a 4 semanas, y de 1 a 7 mm de tamaño, otras 2 a 3 semanas (Knox, 2015; Williams *et al.*, 2010; Knox, 2005).

En las cerdas, al inicio de la fase lútea hay un crecimiento continuo de los folículos ováricos y atresia de los mismos durante el resto de la fase lútea (día 7 al 15 del ciclo estral), sin evidencia de ondas, ni de dominancia folicular, y sin estar asociado a cambios en las concentraciones plasmáticas de FSH (Williams *et al.*, 2010).

El desarrollo folicular entre las diferentes especies domésticas siguen un patrón de ondas de crecimiento en el bovino, ovino y equino, mientras en las cerdas este mecanismo únicamente se ha observado durante el periodo prepuberal (Williams y La Sota, 2017).

El cuerpo lúteo produce varias hormonas, entre ellas inhibina, que regula negativamente la FSH y mantiene sus concentraciones en niveles por debajo de los necesarios para generar el reclutamiento folicular; esto podría explicar la ausencia de ondas foliculares, durante la fase lútea (Knox, 2015; Williams *et*

al., 2010). Los folículos que ovularán incrementan su crecimiento entre los días 14 y 16 del ciclo estral (Williams *et al.*, 2010).

El ciclo estral de la cerda se caracteriza por una fase pre-folicular (4-6 días antes de la ovulación), ya sea en la fase lútea del ciclo o en el período de lactancia, durante la cual los folículos se desarrollan, seguido de la fase folicular, donde los folículos se seleccionan entre los folículos en desarrollo (Knox, 2015; Soede *et al.*, 2011). Finalmente, el estro es seguido de la ovulación para terminar con la luteinización de los cuerpos lúteos, la mayoría de las etapas y procesos reproductivos se ven afectados por factores ambientales y de manejo, tales como la nutrición, la energía y el estrés (Knox, 2015; Soede *et al.*, 2011).

Uso de Altrenogest

El Altrenogest es un progestágeno de uso oral que cumple una acción similar a la progesterona natural, es decir, impide que las hembras entren en celo, por lo tanto, se suprime el ciclo estral y se eliminan los signos de celo y la ovulación. Una vez se suprime su administración, se reinicia la liberación de las hormonas naturales, GnRH por parte del hipotálamo y consecuentemente, FSH y LH por parte de la hipófisis, y las hembras vuelven a entrar en ciclo perfectamente sincronizadas (Paliás, 2013).

El altrenogest se une a los receptores de progesterona en las células diana del hipotálamo, donde actúa como un mecanismo de retroalimentación negativa, disminuyendo la producción de GnRH, y por lo tanto disminuyendo la liberación de FSH desde la pituitaria o hipófisis anterior (adenohipófisis), la frecuencia de liberación de LH en el post destete, y en general evitando que los folículos alcancen el tamaño ovulatorio (Van Leeuwen *et al.*, 2011; Kauffold *et al.*, 2007; Santos *et al.*, 2004).

Por sus propiedades hidrofóbicas, la progesterona (P4) atraviesa la membrana plasmática de las células blancas y se internaliza en el citoplasma en donde

interactúa con su receptor intracelular específico (hRP), la interacción del esteroide con su receptor en el dominio de unión al ligando (LBD) induce un cambio conformacional, que permite separar las moléculas chaperonas (hsp90, hsp70, hsp40, Hop y p23) que se encuentran unidas al hRP y favorece la fosforilación del receptor para iniciar su dimerización, posteriormente el complejo hormona-receptor se une a los elementos de respuesta a P_4 en el DNA, y se acoplan los factores de transcripción necesarios para que la polimerasa se una al promotor e inicie la transcripción de genes específicos. La expresión de genes blanco es modulada a través del efecto de coactivadores (Barrera *et al.*, 2007).

Se ha encontrado que en las cerdas adultas y de reemplazo, el tratamiento con altrenogest tiene efectos positivos sobre la fertilidad, con incremento de la tasa de ovulación, mayor supervivencia embrionaria, menor intervalo destete-servicio y mayor prolificidad (Van Leeuwen *et al.*, 2011), aunque estos resultados pueden estar influenciados por la genética (Santos *et al.*, 2004). En cerdas de reemplazo la sincronización con altrenogest facilita la inseminación y los partos por lotes (Kauffold *et al.*, 2007).

Gran cantidad de cerdas presentan bajo rendimiento reproductivo en su segundo ciclo con mayor intervalo destete-estro, baja parición y menor tamaño de la camada; estos efectos negativos en la reproducción se asocian con un balance energético negativo durante la primera lactancia (Van Leeuwen *et al.*, 2010). El tratamiento con altrenogest, podría disminuir los efectos del balance energético negativo, en el segundo ciclo a una dosis de 15 a 30 mg durante 3 días a partir del destete, este tratamiento es suficiente para sincronizar el estro en cerdas primíparas, incrementado el rendimiento reproductivo, incluso en el destete precoz (Kauffold *et al.*, 2007).

Las cerdas de reemplazo pueden ser programadas e incorporadas a un programa de inseminación a tiempo fijo sincronizando su celo y la ovulación con el uso de altrenogest combinado con la gonadotropina coriónica equina (eCG) y la gonadotropina coriónica humana (hCG) o un análogo de la GnRH, también este método se ha usado para integrar rápidamente las hembras no

preñadas (Kauffold *et al.*, 2007). La GnRH se puede usar para reducir el tiempo de retorno al estro en reemplazos y cerdas tratadas con altrenogest, siendo aplicado después de la última dosis de la misma (de Jong *et al.*, 2013).

Algunos estudios indican que el tratamiento con altrenogest aumenta la tasa de fertilidad en las cerdas de reemplazo, además favorece el aumento en el tamaño de la camada en 0.5 lechones por parto (Martinat *et al.*, 1995). Los factores que favorecen el aumento del tamaño de la camada no han sido claramente identificados, aunque se cree que los animales tratados con altrenogest presentan una mayor tasa de ovulación (en promedio de 1 a 4 folículos más (Davis, 2004).

Otro posible factor asociado con el mejor desempeño después del tratamiento con altrenogest, se cree que está relacionado con una mayor capacidad de desarrollo de los folículos durante este período (Van Leeuwen *et al.*, 2010). Además, los efectos del tratamiento con altrenogest después del destete parecen estar relacionados con la liberación de LH, sin embargo, no se descarta que el desarrollo del folículo también pueda estar relacionado parcialmente con la insulina y el factor de crecimiento insulínico tipo 1 (IGF-1) (Van Leeuwen *et al.*, 2011).

Otros estudios en cerdas destetas de primer ciclo reportan que el tamaño medio del folículo se mantuvo mayor a 5 mm a diferentes dosis (15 vs 20 mg de altrenogest), sin evidenciar cambios en el tamaño del folículo relacionados con la duración del tratamiento (4.8 ± 1.8 mm vs 4.8 ± 1.4 mm) a 8 y 14 días respectivamente, sin embargo los animales tratados tenían mayores folículos preovulatorios que los animales control (Van Leeuwen *et al.*, 2010).

En un estudio realizado en cerdas con destete precoz y pérdida de peso se evaluó el tratamiento con altrenogest durante 12 días, las cerdas tratadas registraron un incremento en el peso vivo, y mayor tasa de ovulación, evidenciando un número superior de embriones viables en comparación con el grupo control, sin embargo, se ha sugerido que una alta tasa de ovulación podría afectar la supervivencia y la implantación de los embriones (Martinat *et*

al., 2010), pese a estas evidencias, existe una clara asociación entre la nutrición en los períodos destete-estro, la calidad de los ovocitos y la supervivencia embrionaria (Koutsotheodoros *et al.*, 1998).

En estudios con ovocitos obtenidos en planta de sacrificio y sometidos a maduración *in vitro* (IVM), fertilización *in vitro* (IVF) y cultivo *in vitro* (IVC), se demostró que los embriones con mayor desarrollo provenían de los oocitos obtenidos de los folículos de mayor tamaño (Van Leeuwen *et al.*, 2010), lo cual sugiere que los folículos de los animales tratados con altrenogest serían más grandes y podrían resultar en una mejor fertilidad posterior (Van Leeuwen *et al.*, 2011; Van Leeuwen *et al.*, 2010).

De otro lado, se ha visto que la liberación de LH está relacionada con el desarrollo de folículos antrales, por lo tanto, la liberación pulsátil de LH también podría favorecer el crecimiento y maduración folicular durante el tratamiento con altrenogest (Van Leeuwen *et al.*, 2011), sin embargo Kauffold, *et al.*, (2007) no encontraron diferencias estadísticas ($P > 0.05$) en el crecimiento folicular (2-6 mm), en el 80-90% de los animales que carecían de cuerpos lúteos al final del tratamiento con altrenogest, demostrando que en cerdas reemplazo una dosis entre 16 y 20 mg/día durante 15 días, bloqueó el crecimiento folicular (Kauffold *et al.*, 2007).

El suministro oral de 20 mg/día de altrenogest alcanza concentraciones plasmáticas entre 3 y 6 horas tras su administración, este tratamiento bloquea la fuente preovulatoria de LH, manteniendo niveles bajos y constantes durante el mismo (Van Leeuwen *et al.*, 2011). Luego de 15 a 24 h posteriores a su administración las cerdas presentan una liberación pulsátil de LH (alcanzando de 1 a 4 pulsos alrededor de 1.5 ng/ml); esta baja frecuencia, se asemeja a la liberación pulsátil de LH que se produce durante la fase lútea y durante el final de la lactancia (Van Leeuwen *et al.*, 2011).

La supresión limitada de LH durante la segunda mitad del período de 24 h después de la administración de altrenogest, puede permitir un aumento en el tamaño del folículo hasta alcanzar 5 mm de diámetro, independientemente de

la dosis o la duración del tratamiento en cerdas de reemplazo y adultas (Van Leeuwen *et al.*, 2011).

Se ha sugerido que los folículos requieren un umbral específico de estimulación de LH para iniciar la ovulación, por lo tanto, la concentración en el pico de LH durante la oleada folicular no puede ser baja, puesto que el momento de la ovulación está estrechamente relacionado con el tiempo y pico de LH (Degenstein *et al.*, 2008).

Cerdas de reemplazo superovuladas y tratadas con altrenogest durante 18 días presentaron un mayor número de blastocitos expandidos, tratamientos más prolongados arrojaron recuentos más bajos de blastocitos expandidos en comparación con el tratamiento de 14 días, lo que sugiere que el altrenogest impide el crecimiento folicular preovulatorio, lo cual resulta en un intervalo prolongado de la ovulación permitiendo una mejor maduración del ovocito al momento de la ovulación (Degenstein *et al.*, 2008).

Martinat *et al.*, (1995) obtuvieron en cerdas de reemplazo un 93% de presentación de celo entre los días 5 al 7 postratamiento con altrenogest, con una tasa de preñez significativamente superior ($P < 0.05$), con respecto al grupo control, sin embargo el número de fetos al día 48 de la gestación no aumentó significativamente ($P > 0.05$), a pesar del incremento en la tasa de ovulación (0.8 cuerpos lúteos más que el grupo control), el peso de los lechones al nacimiento tampoco se vio afectado por el tratamiento con altrenogest.

El tratamiento en cerdas de reemplazo por 14 días con altrenogest no fue suficiente para generar el retorno al celo de forma sincronizada, mientras que por 18 días favoreció la aparición de celos más sincronizados, en este estudio 4 a 18% de las cerdas presentaron cuerpos lúteos después de un tratamiento de 15 días. Un alto porcentaje de hembras tratadas con 16 mg presentaron ovarios poliquísticos, sin embargo cuando se trataron con 20 mg no se presentó esta condición; posiblemente esta patología fue ocasionada por una ineficiencia del altrenogest para bloquear el crecimiento folicular en algunas cerdas, llegando a la conclusión que dosis de 16 mg/día pueden ser

consideradas una sub-dosificación, por lo que se recomienda 20 mg/día para cerdas jóvenes (Kauffold *et al.*, 2007).

Koutsotheodoros *et al.*, (1998) obtuvieron una excelente sincronización usando altrenogest durante 12 días en cerdas con destete precoz, el 97% de los animales retornó al estro entre los días 5 y 7 después de finalizar el tratamiento, siendo esta tasa una de las más altas en comparación con cerdas destetas tratadas con altrenogest durante 3 a 7 días, la causa de esta alta tasa de retorno al celo, pudo deberse a un mayor consumo de alimento durante el tratamiento

MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación

Los animales experimentales se encontraban ubicados en una granja comercial con auto reemplazo, en el área rural del municipio de Puerto López, departamento del Meta, a una altitud de 178 msnm, con precipitación anual de 2133 mm, temperatura promedio de 27.1 °C, variando entre 22 y 35°C, y la humedad relativa entre 70 y 85 %, condiciones ambientales correspondientes a la subregión natural de la altillanura plana Colombiana (IDEAM, 2017).

Manejo Productivo

La granja se componía de 5000 madres de la línea genética PIC®, los animales experimentales no presentaron manejo diferente a las demás cerdas de la piara. Las hembras gestantes estaban alojadas en jaulas individuales con acceso al agua a través de chupos, agrupadas en galpones tradicionales con ventilación natural, alimentadas una vez por día en horas de la mañana; mientras que las de reemplazo se alimentaban a voluntad con una dieta comercial balanceada hasta el día del servicio.

La granja contaba con un centro de multiplicación cerrado (CMC) el cual proveía el auto reemplazo en la misma unidad de producción. Dichas hembras fueron programadas según presupuesto de servicios para el CMC, y luego del nacimiento se identificaban con tatuajes con base a su genética y progenie; posteriormente, se seleccionaban según la política interna de producción, y llevadas a un pie de cría dentro de la misma unidad de producción para iniciar su plan de alimentación como hembras de precebo; al día 112 fueron nuevamente seleccionadas e identificadas con números en chapetas u orejeras, después fueron trasladadas a una sección llamada de “aclimatación interna”, donde iniciaron su alimentación como hembras reemplazo hasta el día

170 de edad, luego del cual se realizó estimulación reproductiva, a las 4 semanas y llevadas al área de gestación para continuar su alimentación hasta el día del servicio. El plan sanitario de estas hembras comenzaba a las 13 semanas de vida con una vacunación contra ileitis, la semana 16 contra mycoplasmosis y semanas 22 y 24 contra parvovirus, erisipela y leptospirosis (serovares pomona, grippotyphosa, canicola, hardjo y Bratislava (ALIAR-S.A., 2016).

Manejo Reproductivo

El manejo reproductivo de la piara no presentaba diferencias entre las hembras adultas y reemplazos. A los grupos experimentales se les realizó el mismo manejo nutricional, sanitario y reproductivo dentro de la unidad de producción. La detección de celos se realizaba cada 24 horas, en horas de la mañana, y se realizaba la inseminación a las 0, 24 y 48 horas, con dos a tres inseminaciones por servicio. La duración de la gestación en promedio fue de 116 días. El semen utilizado, provenía del centro de machos, el cual se recolectaba en una unidad separada, dentro del mismo centro de producción. Allí se realiza la evaluación seminal, seleccionando aquellas muestras con motilidad masal superior al 90% y motilidad individual superior a 4/5. Los machos eran colectados una vez por semana y las dosis inseminantes conservadas a 17 °C (+/- 1°C), durante un periodo máximo de conservación de 96 horas y una concentración espermática de 2500 millones de espermatozoides/ml, en dosis de 100 ml por inseminación (ALIAR-S.A., 2016).

Diseño Experimental

Los animales fueron distribuidos en un diseño completamente al azar con arreglo factorial por concentraciones acumulativas crecientes de altrenogest. Se utilizaron en total 172 hembras nulíparas distribuidas en cuatro tratamientos, el primero (grupo control) no recibió altrenogest (T1); al segundo se le

suministro vía oral durante 8 días el progestágeno sintético (T2); al tercero durante 10 días, (T3); y al cuarto durante 12 días (T4). Todos los tratamientos recibieron altrenogest a partir del día 13 del ultimo estro reportado, para todos los tratamientos la dosis de altrenogest fue 20 mg/día/animal, y se empleó el producto comercial Regumate®, (Merck Sharp & Dohme Corp. Una subsidiaria de Merck & Co., Inc., Kenilworth, NJ, USA) por lo cual, los tratamientos dos, tres y cuatro, recibieron 160, 200 y 240 mg de altrenogest respectivamente (Tabla 1).

Tabla 1. Distribución de tratamientos para el uso de Altrenogest.

Tratamientos	N	Días suministro altrenogest	mg de altrenogest
T1 (Control)	52	0	0
T2	52	8	160
T3	40	10	200
T4	28	12	240
Total	172		

Las cerdas nulíparas se asignaron en forma aleatoria a cada tratamiento, así: control 52 cerdas (T1); T2: 52 cerdas; T3: 40 cerdas y T4: 28 cerdas. La desigualdad de unidades experimentales se debió a la cantidad de cerdas disponibles de la unidad de producción de la granja los requisitos para inclusión fueron: edad al servicio entre 208 y 211 días, peso entre 150 y 153 kg, haber presentado entre dos y tres celos previos al servicio, sin signos ni síntomas de enfermedad; todos los animales fueron de un solo grupo racial.

Las variables dependientes numéricas evaluadas fueron: nacidos totales, nacidos vivos, nacidos muertos, nacidos momias y fetos. Las variables dicotómicas fueron: preñez, abortos, repeticiones y pérdidas al parto, cuya variable independiente fueron los tratamientos.

Con el uso de altrenogest se busca identificar un método económico y efectivo de sincronización de celos; cabe aclarar que no se emplearon hormonas diferentes al progestágeno sintético, puesto que no fue un protocolo de

inseminación a tiempo fijo. En las cerdas experimentales se hizo detección de celo, durante el tiempo de aplicación del tratamiento; una vez suspendido el suministro de altrenogest, las hembras fueron inseminadas al detectarse el primer celo post tratamiento.

Análisis estadístico.

Se determinó mediante prueba de Kolmogorov-Smirnov, si las variables numéricas presentaban o no, distribución normal. Para las variables con distribución normal, se efectuó estadística descriptiva y análisis de varianza de una vía para observar si los tratamientos presentaban una respuesta diferente. Para la comparación de medias se utilizó la prueba de Tukey mediante el software SPSS-18. Las variables que no presentaron distribución normal se analizaron mediante estadística no paramétricos mediante la prueba de Kruskal-Wallis. El software empleado para el procesamiento de los datos fue IBM-SPSS versión 22. Las variables dicotómicas, se evaluaron mediante proporciones, intervalos de confianza de las proporciones, comparación de proporciones independientes por prueba de Z y análisis de frecuencias mediante prueba de independencia de Chi-cuadrado, para estas variables se utilizó el software EPIDAT 3.1

RESULTADOS

Los resultados de las variables productivas y reproductivas arrojadas por el estudio no presentaron distribución normal ($P < 0.05$), Tabla 2. Sin embargo, la edad al primer servicio, peso al primer servicio y longitud de la gestación, presentaron coeficientes de variación menores del 10% y la imagen de los histogramas semejó distribución normal, por lo cual estas se analizaron con estadística paramétrica y las demás con procedimientos no paramétricos.

Tabla 2. Prueba de normalidad para variables reproductivas, edad y peso al primer servicio en cerdas nulíparas.

Variable	Kolmogorov-Smirnov ^a			
	Est.	Gl	Sig.	CV
Edad al 1 ^{er} servicio	.092	172	.001	4.18
Peso al 1 ^{er} servicio	.111	172	.000	6.3
Lechones nacidos totales	.102	162	.000	26.1
Lechones nacidos vivos	.090	162	.002	28.3
Lechones nacidos muertos	.416	56	.000	117.8
Lechones nacidos momias y fetos	.294	61	.000	59.6
Duración de la gestación	.170	162	.000	1.2

a. Corrección de la significación de Lilliefors. gl: Grados de libertad; Sig: Significancia; cv: Coeficiente de variación.

Los tratamientos no tuvieron influencia significativa ($P > 0.05$) para la edad y el peso al primer servicio; estas variables presentan diferencias significativas con anterioridad pese a la distribución aleatoria que se realizó entre los tratamientos (Tabla 3).

Tabla 2. Análisis de varianza para edad al primer servicio, peso al primer servicio y duración de la gestación, para los tratamientos en cerdas nulíparas.

Variable dependiente	Fuente de variación	Suma de cuadrados	Gl	Cuadrado medio	F	Sig.
Edad al primer servicio	entre tratamientos	3122.365	3	1040.788	17.407	.000
	dentro de tratamientos	10045.100	168	59.792		
	Total	13167.465	171			
Peso al primer Servicio	entre tratamientos	2559.900	3	853.300	10.736	.000
	dentro de tratamientos	13353.048	168	79.482		
	Total	15912.948	171			
Duración de la gestación	entre tratamientos	21.385	3	7.128	3.591	.015
	dentro de tratamientos	313.627	158	1.985		
	Total	335.012	161			

El promedio general de la edad al primer servicio fue 210 días; la edad del tratamiento control (203 días), fue significativamente inferior ($P<0.05$) con respecto a los tratamientos con altrenogest, con 212, 213 y 212 días respectivamente para T2, T3 y T4, estos resultados muestran homogeneidad en la selección de los animales por edad al primer servicio, a pesar la diferencia de 9 y 10 días entre el grupo control y los tratamientos (Tabla 4).

El promedio general de peso al primer servicio fue 152 kg; el tratamiento de 8 días (T2) bajo suministro de altrenogest presentó un peso (157 kg) significativamente superior ($P<0.05$) con respecto al grupo control y los tratamientos de 10 y 12 días; sin embargo, esta variación en el peso entre los tratamientos no estuvo influenciada por el altrenogest dado que durante el tratamiento no hubo variaciones en el manejo ni la alimentación, por lo tanto esta variación se debió al peso inicial de los animales en el estudio (Tabla 4).

Los animales que presentaron menor edad al servicio (grupo control) no presentaron menor peso con respecto a los animales de los grupos T2 y T3 que tenían mayor edad. La media general de duración de la gestación fue 116 días, cuya variación fue un día, con 115 días en el tratamiento control y el T2; para el T3 la gestación fue 116 días. Los animales que presentaron una gestación más larga no tuvieron peso y edad diferente a los demás tratamientos ($P>0.05$), determinando que el peso y la edad al servicio no influenciaron la duración de la gestación (Tabla 4).

Tabla 3. Estadígrafos de edad y peso al primer servicio y duración de la gestación, para el grupo control y los tratamientos con altrenogest en cerdas nulíparas.

Variables	Tratamientos	N	Media	Desviación estándar	Intervalo de confianza para la media al 95%	
					Límite inferior	Límite superior
Edad al primer servicio. Días	Control	52	203 a*	9.880	200.54	206.04
	8 días suministro	52	212b	6.521	210.24	213.87
	10 días suministro	40	213b	6.804	211.22	215.58
	12 días suministro	28	212b	6.360	209.53	214.47
	Total	172	209.71	8.775	208.39	211.03
Peso al primer servicio Kg	Control	52	151.4 ^a	9.530	148.69	154.00
	8 días suministro	52	157.5b*	10.641	154.54	160.46
	10 días suministro	40	147.6 ^a	6.574	145.50	149.70
	12 días suministro	28	149.4 ^a	6.833	146.74	152.04
	Total	172	152.02	9.647	150.57	153.47

Duración de la gestación Días	Control	49	115.9 ^a	1.623	115.43	116.36
	8 días					
	suministro	49	115.9 ^a	1.414	115.45	116.26
	10 días					
	suministro	37	116.3ab	1.222	115.89	116.70
	12 días					
	suministro	27	116.9b*	1.199	116.38	117.33
	Total	162	116.14	1.443	115.91	116.36

*Columnas con Letras distintas tienen promedios estadísticamente diferentes. Prueba de Tukey

No se presentaron diferencias significativas, entre tratamientos, para lechones nacidos totales, nacidos vivos, nacidos muertos, momias y fetos ($P>0.05$). La significancia de lechones nacidos totales indica que la probabilidad de que este indicador sea diferente entre tratamientos es del 92%; y la probabilidad de error tipo alfa es del 8%, este resultado podría indicar que para la variable lechones nacidos totales puede haber diferencias entre tratamientos . (Tabla 5).

Tabla 4. Pruebas de Kruskal-Wallis para lechones nacidos totales, lechones nacidos vivos, lechones nacidos muertos, lechones nacidos momias y fetos por tiempo de aplicación de cerdas nulíparas.

Estadísticos	Nacidos totals	Nacidos vivos	Número de momias	Número Mortinatos
Chi-cuadrado	6.885	4.539	3.212	4.182
Gl	3	3	3	3
Sig.	0.076	0.209	0.360	0.242

gl: grados de libertad, Sig: significancia

En la Tabla 6 se presentan las comparaciones pareadas mediante la prueba de Mann-Whitney, para lechones nacidos vivos totales se aprecian diferencias estadísticas significativas ($P<0.05$) entre los tratamientos T2 y T4 con 8 y 12 días de suministro de altrenogest respectivamente.

Tabla 5. Pruebas pareadas de Mann-Whitney, entre tratamientos para lechones nacidos totales en cerdas nulíparas.

Prueba pareada entre tratamientos		U de Mann-Whitney	Z	p
Control	8 días tratamiento	1084.5	-0.829	0,407
Control	10 días tratamiento	812	-0.829	0.407
Control	12 días tratamiento	498	-1,783	0.075
8 Días tratamiento	10 días tratamiento	733.5	-1.517	0.129
8 Días tratamiento	12 días tratamiento	436.5	-2.455	0.014
10 Días tratamiento	12 días tratamiento	414.5	-1.162	0.245

La mediana general del número de lechones nacidos totales, nacidos vivos, numero de momias y mortinatos fue de 13, 12, 1 y 1 respectivamente. La mediana (14) del número de lechones nacidos totales para el T2 fue significativamente superior ($P < 0.05$) a la del T4 con 12 lechones nacidos totales, con una diferencia entre los dos tratamientos de 2 lechones por cerda (Tabla 7). La mediana del número de lechones nacidos totales para el tratamiento control fue 13 lechones, indicando una diferencia de un lechón con respecto al T4 (12 días de suministro de altrenogest), con una probabilidad del 92% según la prueba de Mann-Whitney donde se observan unas medianas con relativa similitud (Tabla 6).

Tabla 6. Medianas de nacidos totales, nacidos vivos, muertos y momias para el grupo control y los tratamientos de altrenogest en cerdas nulíparas.

Tratamientos		Nacidos totales	Nacidos vivos	Número de momias	Número natimortos
T1	N	49	49	22	14
	Media	12.92	11.47	1.86	2.14
	Mediana	13 ^{ab}	12	2	1
T2	N	49	49	16	23
	Media	13.43	12.27	1.88	1.17
	Mediana	14 ^b	13	2	1
T3	N	37	37	17	12
	Media	12.38	11.27	1.65	1.08
	Mediana	13 ^{ab}	12	1	1
T4	N	27	27	6	7
	Media	11.48	10.81	1.67	1.14
	Mediana	12 ^a	11	1.5	1
Total	N	162	162	61	56
	Media	12.71	11.56	1.79	1.39
	Mediana	13	12	1	1

T1 = Control.

T2, T3 y T4 = Suministro de altrenogest durante 8, 10 y 12 días respectivamente

^{a,b}Medianas con letras diferentes son estadísticamente diferentes

El 94% de las cerdas experimentales presentaron preñez, sin diferencias estadísticas ($P>0.05$) entre las proporciones del grupo control y los tratamientos con altrenogest (Tabla 8).

Tabla 7. estado reproductivo para el grupo control y los tratamientos con altrenogest en cerdas nulíparas.

Tratamientos	Estadígrafos	Estado reproductivo		Total
		No preñada (%)	Preñada (%)	
Control	Recuento	3	49	52
	dentro de tratamientos	5,8%	94,2	100,0%
8 días suministro	Recuento	3	49	52
	dentro de tratamientos	5,8%	94,2	100,0%
10 días suministro	Recuento	3	37	40
	dentro de tratamientos	7,5%	92,5	100,0%
12 días suministro	Recuento	1	27	28
	dentro de tratamientos	3,6%	96,4	100,0%
Total	Recuento	10	162	172
	dentro de tratamientos	5,8%	94,2	100,0%

Chi cuadrado: 0.435; gl: 3; significancia: $P=0.926$.

El porcentaje de preñez no estuvo influenciado por los tratamientos, sin embargo, el tratamiento que presentó menos lechones nacidos totales (T4), muestra una tasa de preñez superior a los demás tratamientos. En cuanto al tratamiento de 8 días de suministro de altrenogest (T2), a pesar de presentar 2 lechones más por cerda, no presentó una tasa de preñez estadísticamente diferente a los demás grupos experimentales ($P>0.05$).

DISCUSIÓN

Este estudio evaluó el efecto del altrenogest sobre algunos parámetros reproductivos en cerdas de reemplazo mediante diferentes tratamientos con dosis acumulativas crecientes, tratando de encontrar el protocolo indicado que permitiera obtener la mayor eficiencia reproductiva y la mejor opción de sincronización para el productor. Este nuevo protocolo reduce las dosis totales usadas para realizar la sincronización del estro.

Los protocolos actuales usan el altrenogest en cerdas de reemplazo durante 14 a 18 días consecutivos (De Rensis *et al.*, 2017; Kraeling y Webel, 2015; Kaeoket, 2008); dicho producto puede ser usado para sincronizar el ciclo estral en cerdas nulíparas sin efecto negativo en el desarrollo folicular, tiempo de ovulación y posterior desempeño reproductivo (Kaeoket, 2008); sin embargo, algunos estudios reportan incremento en las tasas de descarte por anestro de hembras de reemplazo asociado al uso de altrenogest combinado con gonadotropinas exógenas (De Rensis *et al.*, 2017).

Pese a estos reportes esta investigación no presentó tasas de descarte asociadas a anestro y las tasas de fertilidad estuvieron dentro de los parámetros óptimos. Por otro lado, estudios realizados por Rueda, (2016), respecto al retorno al estro en cerdas nulíparas una vez retirado el producto se presenta alrededor de 6.54 ± 1.23 días, parámetro que concuerda con el reportado por Martinat *et al.*, (1995), quienes encontraron que los animales presentaron retorno al celo entre el día 5 a 7 una vez retirado el producto.

Parámetros como edad y peso al primer servicio son factores clave que determinan la eficiencia reproductiva de las hembras de reemplazo, el peso corporal al primer servicio está directamente correlacionado con la edad (Iida y Koketsu, 2013), aunque el grupo control presentó la menor edad, su peso no fue significativamente menor ($P > 0.05$), la edad promedio al servicio de los grupos experimentales no superó los 210 días, tiempo que se encuentra dentro

de los parámetros reportados en la literatura donde sugiere que no se debe superar los 220 días de edad para realizar el servicio, porque una edad superior puede llevar a una disminución en la longevidad y en el tamaño de camada (Zhuo *et al.*, 2017; Kraeling y Webel, 2015; Ek-Mex *et al.*, 2014; Roongsitthichai *et al.*, 2013; Amaral Filha *et al.*, 2010).

Por otro lado, algunos estudios recomiendan un peso al primer servicio entre los 130 a 140 kg (Cottney *et al.*, 2012), en este estudio el peso fue ligeramente superior a lo reportado en la literatura con un promedio general de 152 kg. En contraste, el tratamiento que presentó un peso superior fue el de 8 días de administración de altrenogest con 157.5 kg y 212 días de edad, siendo este el grupo que presentó mejor desempeño reproductivo, con un tamaño de camada de 14 lechones totales; esto sugiere profundizar los estudios sobre las demandas nutricionales de las hembras de reemplazo en clima tropical sin el uso de tecnologías de control de ambiente.

Sin embargo, algunos estudios sugieren que la edad al servicio debe estar entre 200 y 210 días (Estienne y Crawford, 2014; Roongsitthichai *et al.*, 2013). Otros estudios encontraron que cerdas de reemplazo servidas con 221 a 240 días de edad fueron más productivas en términos de eficiencia reproductiva como tamaño de camada y pariciones a lo largo de su vida productiva, esta diferencia de casi 20 días podría ser el resultado del manejo particular de cada granja, especialmente la nutrición (Hu *et al.*, 2016). Los resultados del presente estudio muestran que cerdas jóvenes presentaron tamaños de camada aceptables, además no se observó una correlación directa entre la edad y el peso al primer servicio.

Algunos estudios reportan que al aumentar la edad de servicio por encima de 251 días en las hembras de reemplazo, el número total de partos y lechones producidos por cerda disminuye; esto es económicamente importante porque se sugiere que las cerdas de reemplazo deben producir al menos tres camadas de lechones antes de dejar un rendimiento financiero, hay estudios que indican que el 24%, 27%, 22%, 34% y 48% de las cerdas de reemplazo inseminadas

en su primer, segundo, tercer, cuarto y quinto celo respectivamente, no fueron financieramente viables (Cottney *et al.*, 2012).

La edad de pubertad también es un factor importante que permite predecir el rendimiento reproductivo de una cerda a lo largo de su vida, porque está relacionado con una mayor tasa de retención de reemplazos en el hato y mayor tamaño de camada en los partos posteriores; estas hembras tienen necesidades nutricionales especiales determinadas en el consumo de energía y aminoácidos esenciales, todos estos factores están relacionados con el peso al primer servicio (Zhuo *et al.*, 2017).

Otro estudio reporta que cerdas de reemplazo que iniciaron su pubertad 6 días más tarde fueron sacrificadas en el parto 0 o 1 con respecto a cerdas con pubertad previa a 6 días, las cuales salieron del hato hacia el quinto parto. Las primerizas que iniciaron su primer estro entre el día 181 y 200 produjeron 1.5 lechones más que las que lo presentaron hacia el día 201-220 de edad (Zhuo *et al.*, 2017). Sin embargo la edad y el peso al primer servicio pueden variar entre granjas de acuerdo a las condiciones de manejo y características raciales, tanto así que en algunos estudios no se encontró estas variables sobre la vida productiva de la cerda (Ek-Mex *et al.*, 2014; Cottney *et al.*, 2012)

A pesar que el peso promedio de los animales experimentales fue superior a lo reportado en algunos estudios, este no tuvo influencia en el resultado final; el grupo que presentó el peso corporal más alto al momento del servicio fue el grupo que también presentó el mayor número de lechones por cerda.

Las cerdas de reemplazo son alimentadas a voluntad con dietas bajas en energía para evitar excesos de grasa corporal, esto permite un crecimiento más lento limitando el tamaño corporal y la madurez sexual, pero evita problemas de aplomos; la cerda sigue su crecimiento después del parto, algunos reportes sugieren que las cerdas deberían pesar entre 100 y 104 kg de peso corporal dos semanas antes del servicio, sin embargo otros estudios presentan evidencias que un peso superior no presenta un problema para las líneas genéticas de mayor prolificidad. Algunas investigaciones sugieren que la cerda

de reemplazo debe estar en una calificación de 3/5 al momento del servicio (Kraeling y Webel, 2015), sin embargo muchos de estos estudios son realizados bajo sistemas de ambiente controlado, lo cual no representa el desafío climático real al que se enfrentan muchas explotaciones ubicadas en el trópico, que no cuentan con dichas tecnologías.

El grupo bajo tratamiento con altrenogest durante 8 días presentó el mejor tamaño de camada con respecto a los demás grupos (14 lechones nacidos totales); el aumento del tamaño de camada puede estar relacionado con el diámetro folicular y supervivencia embrionaria puesto que se presenta un mayor número de embriones vivos en cerdas tratadas con altrenogest, además el incremento del pico preovulatorio de LH es mayor en las cerdas tratadas (F Werlang *et al.*, 2011), estos datos coinciden con lo reportado por Rueda, (2016), quien observó que los grupos experimentales que mejor desempeño reproductivo presentaron fueron los de menor tiempo de suministro de altrenogest siendo el caso de 6 y 9 días: 14 ± 1.22 y 13.73 ± 2.34 respectivamente. .

Se desconoce por qué el grupo que recibió 12 días de tratamiento de altrenogest presentó el menor tamaño de camada, pero estos efectos pueden ser dependientes de la dosis total y la duración del tratamiento.(De Rensis *et al.*, 2017). Resultados similares con 12 y 15 días de suministro de altrenogest, se observan en cerdas nulíparas con tendencia a la disminución en su desempeño de camada a medida que el suministro de altrenogest incrementa, decreciendo hasta 2.75 lechones con respecto al grupo de menor suministro (Rueda Martín, 2016). Se requieren realizar más estudios que permitan dilucidar por qué el incremento del altrenogest en el protocolo trae consecuencias negativas para el desempeño reproductivo de la cerda nulípara.

Varios estudios indican que el suministro de altrenogest a las cerdas pre y post destete incrementa el rendimiento reproductivo mediante la mejora del crecimiento folicular, aumentando el tamaño folicular al comienzo de la fase folicular, generando un mejor ambiente para el grupo de folículos preovulatorios (Kitkha *et al.*, 2017). Esto podría explicarían porqué el grupo experimental bajo

suministro durante 8 días presentó un mayor tamaño de camada, dada la influencia del altrenogest sobre la tasa ovulatoria, y mayor supervivencia embrionaria; sin embargo, esto no explica por qué los demás grupos no presentaron desempeños superiores comparados con el grupo control. Se ha reportado que después del uso de altrenogest en cerdas de reemplazo la tasa de ovulación mejora notablemente, así como en la siguiente camada y tasa de partos, aunque realmente la literatura no explica la causa de este rendimiento para estas cerdas (Soede et al., 2007).

Algunos estudios reportan el efecto que tiene el altrenogest sobre la liberación de LH en el desarrollo del folículo (Van Leeuwen *et al.*, 2011); se observó que la inyección de 5 mg de LH cinco días antes del próximo celo y su posterior inseminación no presentó ningún efecto sobre las tasas de partos, pero el tamaño de camada fue superior en los animales tratados, una explicación exacta de este hallazgo no fue determinada, pero es posible que la LH además de su papel en la ovulación y luteinización puede afectar la motilidad del oviducto y contribuir a la sincronización de eventos relacionados con la fertilización y migración de embriones hacia el útero (De Rensis y Kirkwood, 2016). Este efecto de la LH endógena generada por el suministro del altrenogest puede dar explicación a los resultados en el grupo de 8 días de administración, no obstante, es posible que el tratamiento prolongado de altrenogest afecte los niveles de LH y por esta razón el tratamiento de 12 días presentó el tamaño de camada más bajo, aunque esto no afectó directamente la tasa de parición.

Por otro lado, las cerdas de reemplazo con crecimientos rápidos presentan mayores concentraciones de IGF-1 e insulina, que puede influir en la tasa de ovulación al reducir los folículos atrésicos, de hecho, la tasa de ovulación fue mayor en cerdas de reemplazo más pesadas (101 kg) en comparación con las livianas (71 kg) al momento del inicio de la pubertad. En contraste, otros estudios no encontraron diferencias en el desempeño reproductivo con relación a la tasa de crecimiento en cerdas de reemplazo con ganancias de peso de

626 g/día, comparado con 737 g/día a los 144 días de edad (Tummaruk *et al.*, 2001).

La concentración de progesterona, que es importante en el mantenimiento de la preñez y la supervivencia embrionaria, presenta mayores niveles en cerdas con mayor tasa de ovulación (Amaral Filha *et al.*, 2010), estos resultados podrían dilucidar porqué las cerdas del grupo bajo administración de altrenogest durante ocho días presentaron el mayor tamaño de camada siendo el grupo con mayor peso al momento del servicio; es posible que éste crecimiento rápido en las hembras del grupo influenciara una mayor tasa de ovulación o una mayor tasa de supervivencia embrionaria.

Un aspecto importante y que tiene gran relevancia en la eficiencia reproductiva de las hembras de reemplazo es la detección del celo, siendo la base para que la reproducción exitosa, sin embargo, se requiere gran cantidad de mano de obra calificada y capacitada (De Rensis y Kirkwood, 2016). En este estudio donde la detección de celo fue clave para encontrar el punto óptimo de la inseminación, el costo de la mano de obra se compensó con la eficiencia reproductiva, tal como se observa en la tasa de parto y tamaño de camada.

La tasa de preñez de los grupos experimentales estuvo dentro de los parámetros óptimos con una media de 94.2, siendo el grupo de mayor dosificación de altrenogest el que presentó la tasa de parto más alta (96.4%). Los resultados son favorables considerando que algunos estudios reportan tasas de parto sobre el 70% en cerdas de reemplazo tratadas con altrenogest inseminadas a las 24 horas o 36 horas después de la detección del estro (De Rensis y Kirkwood, 2016). Por otro lado, estudios donde se realizó el control de la ovulación con GnRH después de la detección del estro y posterior inseminación a las 30-33 horas, reportaron una parición de 84% y 78% para multíparas y nulíparas respectivamente, y no se encontraron diferencias en los tamaños de camada entre los grupos experimentales. Está claramente documentado que la inducción de la ovulación y el estro en cerdas nulíparas mediante hormonas xenobióticas es un desafío para los productores (De Rensis y Kirkwood, 2016).

Mejorar el rendimiento reproductivo y la longevidad de las cerdas es una forma importante de aumentar la productividad y la rentabilidad de una granja, estudios en el Reino Unido detallan que la productividad promedio de una cerda en toda su vida oscila entre 30 y 40 lechones, pero su potencial es de al menos 60 lechones nacidos vivos por cerda. Esto refleja el enorme potencial que aún deben explotar los productores para obtener una mayor rentabilidad; sin embargo, una gran problemática se presenta con las tasas de descarte que generalmente son altas en los partos más tempranos (aproximadamente 30% antes del tercer parto) siendo el descarte de las hembras de reemplazo el 45% de todas las hembras desechadas; dentro de las principales razones de descarte se tiene falla reproductiva y problemas de locomoción (Cottney *et al.*, 2012). Hoy en día se puede hacer uso de tecnologías que permiten aumentar la eficiencia reproductiva de las hembras de reemplazo puesto que estas representan uno de los costos más altos para el productor.

CONCLUSIONES

El altrenogest es una herramienta biotecnológica que le permite al productor realizar una adecuada programación de las hembras de reemplazo a través de la sincronización del estro sin efectos negativos en la eficiencia reproductiva de la granja.

El suministro de altrenogest oral durante 8 días consecutivos es la mejor alternativa para obtener los mejores resultados reproductivos en cerdas de reemplazo bajo condiciones de clima tropical.

El uso de altrenogest oral suministrado a partir del día 13 del ciclo estral durante 8 días consecutivos se sugiere como un nuevo protocolo para la sincronización del estro en cerdas de reemplazo sin afectar negativamente los parámetros reproductivos.

El uso de altrenogest oral durante más de 8 días seguidos puede ocasionar bajos tamaños de camada, sin embargo, falta realizar más estudios bajo condiciones de trópico para dilucidar esta problemática.

A pesar que no se realizó un modelo económico se puede estimar un beneficio económico y productivo, porque al aumentar el número de lechones nacidos vivos/cerda/año, se reduce el costo de producción/lechón/hembra/año. Adicionalmente, con el uso del producto también se obtiene una ganancia en programación de instalaciones y reducción de días no productivos en hembras reemplazo.

El uso de altrenogest para la sincronización de hembras nulíparas es una buena alternativa, porque aumenta la productividad de las cerdas y reduce el costo de producción por hembra año bajo las condiciones del estudio.

BIBLIOGRAFÍA

- Aliar S.A., Manuales de Procedimiento Operativo Estandarizado. 2016. Puerto Lopez, Colombia.
- Amaral Filha W.S., Bernardi M., Wentz I., Bortolozzo F. 2010. Reproductive performance of gilts according to growth rate and backfat thickness at mating. 139-44 pp.
- Barrera D., Avila E., Díaz L. 2007. Papel inmunológico de la progesterona en el mantenimiento del embarazo. *Revista de investigación clínica*. 59: 139-145.
- Cottney P.D., Magowan E., Ball M.E.E., Gordon A. 2012. Effect of oestrus number of nulliparous sows at first service on first litter and lifetime performance. *Livestock Science*. 146: 5-12.
- Davis D. 2004. Using regumate to control estrus in swine. Kansas State University Swine Day 2004. Report of Progress 940. 14-16.
- de Jong E., Kauffold J., Engl S., Jourquin J., Maes D. 2013. Effect of a GnRH analogue (Maprelin) on the reproductive performance of gilts and sows. *Theriogenology*. 80: 870-877.
- De Rensis F., Kirkwood R.N. 2016. Control of estrus and ovulation: Fertility to timed insemination of gilts and sows. *Theriogenology*. 86: 1460-1466.
- De Rensis F., Ziecik A.J., Kirkwood R.N. 2017. Seasonal infertility in gilts and sows: Aetiology, clinical implications and treatments. *Theriogenology*. 96: 111-117.
- Degenstein K.L., O'Donoghue R., Patterson J., Beltranena E., Ambrose D., Foxcroft G., Dyck M. 2008. Synchronization of ovulation in cyclic gilts with porcine luteinizing hormone (pLH) and its effects on reproductive function. *Theriogenology*. 70: 1075-1085.
- Ek-Mex J.E., Segura-Correa J.C., Batista-Garcia L., Alzina-López A. 2014. Factores ambientales que afectan los componentes de producción y productividad durante la vida de las cerdas. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*. 17: 447-462.
- Estienne M.J., Crawford R.J. 2014. Characteristics of estrous cycles in gilts treated with gonadotropins after estrus or treatment with a progestogen. *Theriogenology*. 83 (4): 459-465.
- F Werlang R., E Argenti L., C C Fries H., Bernardi M., Wentz I., Bortolozzo F. 2011. Effects of Breeding at the Second Oestrus or After Post-Weaning Hormonal Treatment with Altrenogest on Subsequent Reproductive Performance of Primiparous Sows. 46 (5): 818-23.
- Frantz L, Meijaard E, Gongora J, Haile J, Groenen M, and Larson G. 2016. The Evolution of Suidae. *Annu. Rev. Anim. Biosci.* 4: 61-85.
- Fuentes M., Pérez L., Suárez Y., Soca M. 2006. Características reproductivas de la cerda. Influencia de algunos factores ambientales y nutricionales. *Revista Electrónica de Veterinaria REDVET*. 7: 1-36.
- Gerrits R.J., Lunney J.K., Johnson L.A., Pursel V.G., Kraeling R.R., Rohrer G.A., Dobrinsky J.R. 2005. Perspectives for artificial insemination and genomics to improve global swine populations. *Theriogenology*. 63: 283-299.

- Hu B., Mo D.I., Wang X.Y., Liu X.H., Chen Y.S. 2016. Effects of back fat, growth rate, and age at first mating on Yorkshire and Landrace sow longevity in China. *Journal of Integrative Agriculture*. 15: 2809-2818.
- Iida R., Koketsu Y. 2013. Delayed age of gilts at first mating associated with photoperiod and number of hot days in humid subtropical areas. *Animal Reproduction Science*. 139: 115-120.
- Kaeoket K. 2008. Study on the Oestrous Synchronization in Gilts by Using Progesterin Altrenogest and hCG: Its Effect on the Follicular Development, Ovulation Time and Subsequent Reproductive Performance. *Reprod Dom Anim*. 43: 127.
- Kauffold J., Beckjunker J., Kanora A., Zaremba W. 2007. Synchronization of estrus and ovulation in sows not conceiving in a scheduled fixed-time insemination program. *Animal reproduction science*. 97: 84-93.
- Kitkha S., Boonsoongnern A., Ratanavanichrojn N., Jirawattanapong P., Pinyopummin A. 2017. Effects of altrenogest treatment in sows on the variation of piglet birth weight and pre-weaning piglet performance. *Agric Nat Res*. 51: 303-309.
- Knox R. 2005. Recruitment and selection of ovarian follicles for determination of ovulation rate in the pig. *Dom anim endocrinol*. 29: 385-397.
- Knox R.V. 2015. Recent advancements in the hormonal stimulation of ovulation in swine. *Veterinary Medicine: Research and Reports*. 6: 309.
- Knox R.V., Stewart K.R., Flowers W.L., Swanson M.E., Webel S.K., Kraeling R.R. 2017. Design and biological effects of a vaginally administered gel containing the GnRH agonist, triptorelin, for synchronizing ovulation in swine. *Theriogenology*. 112: 44-52.
- Koutsotheodoros F., Hughes P., Parr R., Dunshea F., Fry R., Tilton J. 1998. The effects of post-weaning progestagen treatment (Regumate) of early-weaned primiparous sows on subsequent reproductive performance. *Animal reproduction science*. 52: 71-79.
- Kraeling R.R., Webel S.K. 2015. Current strategies for reproductive management of gilts and sows in North America. *J Anim Scie Biotech*. 6: 1-3
- Martinat-Botté F., Bariteau F., Forgerit Y., Macar C., Poirier P., Terqui M. 1995. Synchronization of oestrus in gilts with altrenogest: effects on ovulation rate and foetal survival. *Anim Reprod Sci*. 39: 267-274.
- Martinat-Botté F., Venturi E., Guillouet P., Driancourt M., Terqui M. 2010. Induction and synchronization of ovulations of nulliparous and multiparous sows with an injection of gonadotropin-releasing hormone agonist (Receptal). *Theriogenology*. 73: 332-342.
- Porcicultura.com 2019. En <https://www.porcicultura.com/destacado/Para-2018-el-consumo-mundial-de-carne-de-cerdo-subiria-1.8-a-tasa-annual>. Revisado, 05-08-2019.
- Roongsitthichai A., Cheuchuchart P., Chatwijitkul S., Chantarothai O., Tummaruk P. 2013. Influence of age at first estrus, body weight, and average daily gain of replacement gilts on their subsequent reproductive performance as sows. *Liv Sci*. 151: 238-245.
- Rueda Martín C.N. 2016. Evaluación de tratamientos con altrenogest (progestágeno sintético) a diferentes tiempos para sincronización de cerdas

- nulíparas y efecto en los parámetros productivos. Universidad de La Salle. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Zootecnia, pp.
- Santos J.M.c.G.d., Wentz I., Bortolozzo F.P., Barioni Jr W. 2004. Early-weaned sows: altrenogest therapy, estrus, ovulation, and reproductive performance. *Anim Reprod Sci.* 84: 407-413.
- Soede N., Langendijk P., Kemp B. 2011. Reproductive cycles in pigs. *Anim Reprod Sci.* 124: 251-258.
- Soede N.M., G Bouwman E., Langendijk P., van der Laan I., Kanora A., Kemp B. 2007. Follicle Development during Luteal Phase and Altrenogest Treatment in Pigs. *Reproduction in domestic animals.* 42: 329-332.
- Tummaruk P., Lundeheim N., Einarsson S., Dalin A.M. 2001. Effect of birth litter size, birth parity number, growth rate, backfat thickness and age at first mating of gilts on their reproductive performance as sows. *Anim Reprod Sci.* 66: 225-237.
- Van Leeuwen J., Martens M., Jourquin J., Driancourt M., Kemp B., Soede N. 2011. Variation in LH pulsatility during 24h after a postweaning altrenogest treatment in relation to follicle development in primiparous sows. *Anim Reprod Science.* 126: 101-107.
- Van Leeuwen J., Williams S., Kemp B., Soede N. 2010. Post-weaning Altrenogest treatment in primiparous sows; the effect of duration and dosage on follicular development and consequences for early pregnancy. *Anim Reprod Sci.* 119: 258-264.
- Williams S., Fernandez V., deLasota R. 2010. Dinamica folicular y momento de la ovulación en cerdas púberes y pluríparas posdestete. *InVet.* 12: 33-42.
- Williams SI, Luzbel de la Sota R. Follicular dynamics and ovulation time in gilts and post-weaning sows. *Can Vet J* 2017;58:65–69
- Wolfová M., Wolf J., Krupová Z., Krupa E., Žáková E. 2017. Estimation of economic values for traits of pig breeds in different breeding systems: I. Model development. *Liv Sci.* 205: 79-87.
- Zhuo Y., Shi X., Lv G., Hua L., Zhou P., Che L., Fang Z., Lin Y., Xu S., Li J., Feng B., Wu D. 2017. Beneficial effects of dietary soluble fiber supplementation in replacement gilts: Pubertal onset and subsequent performance. *Anim Reprod Sci.* 186: 11-20.